3

UNTERSUCHUNGEN

ZUR

NÄHEREN KENNTNISS DES BAUES

DER

QUERGESTREIFTEN MUSKELFASER.

ANGESTELLT IM PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE DER WIENER UNIVERSITÄT

VON

ALEXANDER ROLLETT.

(Mit 1 Tafel.)

(Aus dem Aprilhefte des Jahrganges 1857 der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenschaften [Bd. XXIV, S. 291] besonders abgedruckt.)



WIEN.

AUS DER KAIS. KÖN. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN, BUCHHÄNDLER DER KAISERL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1857.

Untersuchungen zur näheren Kenntniss des Baues der quergestreiften Muskelfaser.

Angestellt im physiologischen Institute der Wiener Universität

von **Alexander Rollett.**

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgetragen von Herrn Prof. Brücke.)

Als ich mich bei Gelegenheit der Auffindung von frei im Innern der Muskeln endigenden quergestreiften Muskelfasern [1]) viel mit der Untersuchung des Muskelgewebes beschäftigte, ergaben sich mir einige für den Bau der quergestreiften Primitivbündel bemerkenswerthe Bilder, deren nähere Erforschung ich unternahm. Die Resultate derselben bilden den Inhalt gegenwärtiger Abhandlung.

---

[1]) Als Nachtrag zu meiner Abhandlung: Über freie Enden quergestreifter Muskelfasern im Innern der Muskeln (Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe der kais. Akademie der Wissenschaften, Bd. XXI, p. 176) gebe ich hier eine Literaturnote.

In Haller's Element. phys. Tom. IV. lib. XI. sect. 1. §. 3. kommt folgende Stelle vor: „*Non valde longa fibra (scl. carnea) est, neque musculi longitudini aequalis, ut omnino post breve forte unciae iter, fibra non quidem tendinea aliqua enervatione terminetur, sed utique dextrorsum aut sinistrorsum ad latus intorta, inter sui similes evanescat, acuto fine, multaque cellulosa tela firmato*". Was Haller mit diesen Worten beschrieben hat, weiss ich nicht anzugeben, da auch nirgends eine Abbildung existirt, an der man sich Raths erholen könnte, aber so viel ist gewiss, dass von seiner Beschreibung nur die Worte: „*inter sui similes evanescat*" und „*acuto fine*" auf die von mir beschriebenen spitzen Muskelfaserenden sich anwenden liessen; alles Andere passt nicht auf dieselben. Mit Entschiedenheit geht aber aus einer andern Stelle Haller's hervor, dass er keine natürlichen, sondern nur künstliche Faserenden im Fleischbauch der Muskeln gesehen hat. Diese Stelle findet sich in seinen: „Primae lineae physiologiae in usum praelectionum academicarum. Quarto emendatae et auctae. Lausanae 1771. p. 222, und lautet: „*In fibra ipsa visibili qualibet adparet series filorum, quae detortis finibus inmixta cum sui similibus et conglutinata, in fibram majorem conjunguntur.*" Es ist dies die im Auszuge wiedergegebene Stelle des grösseren Werkes, welche letztere mir erst einer näheren Anführung bedürftig schien, als ich sie in Kölliker's mikroskop. Anat. Bd. II, 1. Hälfte, p. 210 in einer specielleren Auffassungsweise angezogen fand, was mir entging, als ich wegen des p. 176 d. Sitzungsberichte gegebenen Citates bei Kölliker nachblätterte.

Überblickt man die Literatur der quergestreiften Muskelfaser und geht dabei bis auf Schwann's erste Publicationen zurück, so nimmt man wahr, dass im Allgemeinen die Ansichten der Mikroskopiker über den Bau der Muskelfaser sich seit jener Zeit nicht wesentlich geändert haben.

Schwann nennt die Muskelfibrillen, für deren Darstellung er bestimmte Methoden angibt, perlschnurartige Fäden [1]), erklärt die Querstreifung der Muskelfaser durch eine regelmässige Aneinanderlagerung der dickeren und dünneren Abtheilungen jener Fäden, entdeckte die Kerne [2]) der Muskelfasern und beschrieb zuerst die structurlose Scheide des Primitivbündels [3]).

Seit jenen Arbeiten Schwann's wurde viel über Muskelstructur geschrieben, die verschiedensten Ansichten über den Bau der Fibrille und den Grund der Querstreifung tauchten auf, aber die von Valentin [4]) wenig geänderte Lehre Schwann's, wonach die Muskelfaser ein durch das Sarkolemma zusammengehaltenes Bündel varicöser Fibrillen ist, zählte stets, und zählt noch jetzt die meisten Anhänger.

Die Bestrebungen Bowman's [5]) Remak's [6]) Leydig's [7]), die Fibrillen nur als Kunstproducte zu betrachten, fanden wenig Anklang.

Vor Allen hatten aber Bowman's Ansichten fast nur Widerlegungen zu erfahren, denn wenn man auch hie und da die von ihm beobachtete Erscheinung des Zerfallens einer Muskelfaser in der Richtung der Querstreifen wieder gesehen hatte, so legte man doch keinen grossen Werth darauf, weil man sie eben mit der gangbaren Ansicht vom Bau der quergestreiften Muskelfaser nicht in Einklang zu bringen wusste. Da mir im Folgenden Gelegenheit geboten wird

---

[1]) Müller, Handbuch der Physiologie. 2. Auflage, Coblenz 1835 — 1837, II. Bd. 1. Abth. p. 33.

[2]) Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung der Structur und des Wachsthums der Thiere und Pflanzen. Berlin 1839, p. 168.

[3]) L. c. p. 160.

[4]) Gewebe des menschlichen und thierischen Körpers in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Braunschweig 1842, I. Bd., p. 712.

[5]) On the minute structure and movements of voluntary muscle. Philosophical Transact. P. II. for. 1840 P. I. for 1841, im Auszuge in Reichert's Jahresbericht, Müller's Archiv, 1842.

[6]) Über die Zusammenziehung der Muskelprimitivbündel. Müller's Archiv, 1843, p. 187.

[7]) Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. Frankfurt 1857, p. 44, und verschiedene Schriften.

auf die Bowman'schen Beobachtungen etwas näher einzugehen, will ich das Wesentlichste derselben hieher setzen.

Bowman[1]) gibt an, dass man an der Oberfläche sowohl als auch im Innern der Muskelfaser stets dunkle Längsstreifen wahrnehme, in deren Richtung sie sich gewöhnlich in Fibrillen spalten, welche letztere aber nur durch das Zerfallen der Muskelfaser entstehen, nicht ursprünglich in ihr vorhanden sind. Manchmal zeigen jedoch die Muskelfasern auch gar keine Neigung zum Zerfallen der Länge nach, sondern brechen in der Richtung der dunklen Querstreifen aus einander, welche die Faser stets in einer auf ihrer Axe senkrechten Richtung schneiden. Aus einer solchen Spaltung ergeben sich Scheiben *(discs)*, nicht Fibrillen und doch ist sie ebenso naturgemäss, aber nicht so häufig, als die vorige. Man betrachte daher die Muskelfaser mit demselben Rechte als eine aus Scheiben aufgebaute Säule, wie als ein aus Fibrillen bestehendes Bündel; sie ist aber in der That weder das eine noch das andere, sondern eine Masse, in deren Substanz beides angedeutet ist und welche eine Neigung zum Zerfall nach beiderlei Richtungen hin hat: würde eine totale Spaltung nach allen Linien beider Richtungen hin eintreten, so entstünden einzelne Theilchen, welche man *„primitive particles or sarcous elements"* nennen könnte, deren Vereinigung eben die Substanz der Faser bildet.

Da man sich beinahe allgemein überzeugte, dass die Querstreifen des Primitivbündels der Ausdruck einer die ganze Dicke desselben durchdringenden Anordnung sind, und mit der Querstreifung unter Umständen die deutlichste Längsstreifung vergesellschaftet fand: so konnte der Bowman'schen Ansicht eine gewisse Berechtigung fortan nicht mehr abgesprochen werden. Was man aber immer und immer wieder gegen sie aufbrachte, war, dass man die *discs* nur zufälliger Weise und höchst selten erscheinen sehe. So viel über den jetzigen Stand der Histologie der quergestreiften Muskelfaser.

Wenn man ein frisches Muskelprimitivbündel unter dem Mikroskope genau betrachtet, so sieht man besonders nach Zusatz von etwas verdünnter Essigsäure, dass die allbekannte Querstreifung nicht, wie

---

[1]) R. B. Todd and W. Bowman: The physiological anatomy and physiology of man. London 1845—1853, S. 1, p. 151, 152.

dies schon Fontana[1]) gezeichnet hat, etwa nur aus dunklen Linien auf lichtem Grunde besteht; sondern es erscheint die Oberfläche des Primitivbündels aus mit einander abwechselnden lichteren und dunkleren Zonen von einer gewissen Breite zusammengesetzt. Man kann durch veränderte Einstellung des Mikroskopes die lichteren Zonen zu den dunkleren, die dunkleren zu den lichteren machen: immer aber hat man durch die härteren Umrisse der einen den Eindruck, dass sie von einer stärker Licht brechenden Substanz gebildet sind als die anderen.

Die Breite der stärker brechenden Zonen oder Querbänder übertrifft die der schwächer brechenden, ich will daher die einen die Hauptsubstanz, die anderen die Zwischensubstanz nennen. Die ganze Anordnung ist vergleichbar einer von der Seite gesehenen Säule, die aus wechsellagernden Scheiben dieser beiden Substanzen aufgebaut ist. Da man sich durch eine einfache Veränderung des Focus von der Thatsache überzeugen kann, dass jene Querstreifen das Bündel in seiner ganzen Dicke durchdringen in stets gleichbleibender Entfernung von einander: so muss man die Querbänder der Oberfläche in der That als die Mantelzonen von Scheiben auffassen, welche mit ihren Grundflächen genau an einander gelegt sind, die aber je eine von ihren beiden Nachbarn durch ein verschiedenes Lichtbrechungsvermögen sich auszeichnen. Es sind also auf der Längsrichtung eines Muskelprimitivbündels zweierlei Substanzen, eine stärker und schwächer brechende regelmässig angeordnet.

Bowman gibt am oben citirten Orte keine auf diese Verschiedenheit bezügliche Erläuterung und die Abbildung, welche auch Kölliker[2]) ihm entlehnte, lässt durchaus nicht erkennen dass er seine *discs* in Beziehung zu der oben beschriebenen Anordnung gebracht habe. Es ist vielmehr gewiss, dass er unter seinen *discs* nur die stärker brechende Substanz begriffen, die schwächer brechende aber übersehen hat.

Anderwärts jedoch wurde das mikroskopische Verhalten des Primitivbündels schon mit Würdigung der oben aus einander gesetzten Verhältnisse aufgefasst, nämlich von Wharton Jones[3]), welcher

---

[1]) Traité sur le venin de la vipère. Tom. II. Florence 1781. p. 228. Plan VI. Fig. 6 et 7.

[2]) Mikroskopische Anatomie, Bd. II, 1. Hälfte, p. 202, Fig. 55.

[3]) Appareil névro-magnetique des muscles. Ann. de chim. et de phys. T. X. sér. 3. 1844. p. 111.

die Ansicht Bowman's vom Scheibenbau der Muskelfaser adoptirte, unter seinen Scheiben aber schon eine der oben angeführten zwei Substanzen begriff und eine zweite zwischen den Scheiben vertheilte Substanz gewahrte. Da jene Schrift Wharton Jones wenig bekannt zu sein scheint, will ich dessen Worte hier anführen. Er sagt[1]: „*Je suis disposé à penser que la fibre musculaire est composée, comme l'a deja dit M. Bowman, d'une série de pièces en forme de disques, qui n'adhèrent pas immédiament l'un avec l'autre, mais, qui ainsi que je l'ai vu, sont reunis par une substance intermédiaire assez flexible et assez élastique pour permettre aux disques de se rapprocher beaucoup ou de se séparer jusqu'à une certaine distance.*" Wharton Jones begleitet diese Worte mit zwei Abbildungen, welche beide nur schematisch gehalten sind.

Wie viel auch Hypothetisches in den eben citirten Worten Wharton Jones sein mag: die dadurch ausgesprochene Beobachtung von der abwechselndeu Folge zweier verschiedener Substanzen in der Längsrichtung der Muskelfaser ist richtig[2]. Wharton Jones „*disques*" entsprechen der stärker brechenden, seine „*substance intermédiaire*" entspricht der schwächer brechenden Substanz, welche letztere die Zwischenräume der in regelmässigen Abständen sich folgenden „*disques*" ausfüllt und daher Scheiben zwischen den Scheiben bildet. Die angeführten Abbildungen sind hauptsächlich darin fehlerhaft, dass an ihnen die schwächer brechende Substanz breiter erscheint, als die stärker brechende, da doch gerade das Umgekehrte der Fall ist.

Die optischen Verhältnisse also, welche eine Muskelfaser unter dem Mikroskope darbietet, führen zur Annahme einer regelmässigen Vertheilung von zweierlei Substanzen in der Längsrichtung der Muskelfaser.

Die besondere Güte des Herrn Professors Brücke erlaubt es mir, hier noch einen optischen Unterschied jener zwei Substanzen mitzutheilen. Noch nicht veröffentlichten Untersuchungen zu Folge fand Herr Professor Brücke, dass die doppelbrechenden Eigen-

---

[1]) A. a. O. p. 111.

[2]) Weniger bestimmt wurde etwas Ähnliches später von Mayor für die Muskeln einiger Gliederthiere angegeben. (Monatschrift der Ärzte des Rheinlandes und Westphalens. Juni 1848, p. 347.

schaften, welche die Muskelfaser zeigt, der Hauptsubstanz inhäriren, der Zwischensubstanz hingegen mangeln.

Es wurde schon darauf verwiesen, wie sich die vorgetragene Ansicht von der Bowman'schen unterscheidet. Bowman beobachtete das Zerfallen einer Muskelfaser in Scheiben nach der Richtung der dunklen Querstreifen, welche er eben als Schatten zwischen den Scheiben auffasst, und benutzte diese Beobachtung als Grundlage seiner Ansichten vom Bau der Muskelfaser. Hier hat die oben weiter ausgeführte Betrachtung der Muskelfaser zu dem Schlusse geführt, dass dieselbe aus zweierlei verschieden lichtbrechenden Substanzen besteht, die so regelmässig auf der Längsrichtung der Muskelfaser vertheilt sind, dass sie ihr das Ansehen einer aus Scheiben aufgebauten Säule ertheilen.

Ich weiss nicht anzugeben, welchem Umstande Bowman es zu danken hatte, dass einige von ihm in Weingeist aufbewahrte Muskeln ein Zerfallen ihrer Fasern in die von ihm beschriebenen *discs* erlitten. Es ist dies nach dem einstimmigen Ausspruche Reichert's [1]) Henle's [2]), Hassall's [3]), Kölliker's [4]), Ed. Weber's [5]) ein sehr seltenes Ereigniss, obwohl die Grundbedingung des Zerfallens, wie später noch deutlicher ersichtlich werden wird, in der oben beschriebenen Anordnung von zweierlei Substanzen in der Längsrichtung der Muskelfaser jedesfalls gegeben ist.

Von jenen zwei verschiedenen Substanzen kann man aber, ganz zufallslos, so oft man eben will, die eine in der Form, in welcher sie im Muskelcylinder vertheilt ist, nämlich als Scheibe isolirt erhalten. Es ist dies die stärker brechende Substanz und gründet sich deren Isolirbarkeit auf ihre chemische Verschiedenheit von der schwächer brechenden Substanz.

Lehmann [6]) hat, weil er sich überzeugte, „dass die Muskelfibrille in ihrer Varicosität einerseits und in ihrer Einschnürung anderseits ein verschiedenes Imbibitions-Vermögen besitzt" die Ansicht

---

[1]) Müller's Archiv, 1842, Jahresbericht.

[2]) Canstatt's Jahresbericht für 1846, p. 69, d. I. Bd.

[3]) Mikroskopische Anatomie. Übersetzt von Dr. Otto Kohlschütter, p. 245.

[4]) Mikroskopische Anatomie, Bd. II, 1. Hälfte, p. 203 und Handbuch der Gewebelehre, 2. Auflage, Leipzig 1855, p. 186.

[5]) Artikel: Muskelbewegung in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, II. Bd., 2. Abth., p. 65.

[6]) Physiologische Chemie. 2. Auflage, Leipzig 1853, 3. Bd., p. 66.

ausgesprochen, dass die Elementarfaser der animalen Muskeln nicht als homogen betrachtet werden könne, was auch schon Mulder[1]) vermuthungsweise hinstellte.

Lehmann hat aber diese auf unzweideutige Versuche[2]) gestützte Thatsache für die Erscheinungen, welche er später am Primitivbündel beobachtete, nicht weiter ausgewerthet.

Es ist bekannt, welche äusserliche Veränderungen ein Fleischstück erleidet, wenn es der Einwirkung einer sehr verdünnten Salzsäure (1. pr. m.), wie sie Liebig zur Extraction des sogenannten Muskelfibrins anwendet, einige Zeit lang ausgesetzt wird.

Es schien mir wünschenswerth, auch die Veränderungen kennen zu lernen, welche die mikroskopische Textur der Muskelfaser während dieses Vorganges erleidet: desshalb brachte ich Fleischstücke aus verschiedenen Muskeln einer ausgewachsenen Katze in jene verdünnte Salzsäure. Nachdem sie durch 24 Stunden darin gelegen hatten, durchscheinend geworden und bedeutend angequollen waren, benützte ich sie zur mikroskopischen Untersuchung. Mittelst einer feinen Cowper'schen Scheere wurde dem Verlauf der Fasern nach ein feines Stückchen ausgeschnitten und auf einen Objectträger gebracht, auf welchen früher ein Tropfen jener verdünnten Salzsäure gesetzt wurde. Mit einem Deckgläschen versehen legte ich mein Object unter das Mikroskop.

Man sah, dass die Muskelfasern viel durchsichtiger geworden und angequollen waren. Dort wo der so veränderte Inhalt des Muskelprimitivbündels noch vom Sarkolemma zusammengehalten wurde, traten die Zonen, welche der stärker brechenden Substanz entsprachen, besonders scharf hervor und standen weiter von einander ab, als dies an den frischen Muskelfasern der Fall war. An den Enden des Schnittes aber hatte sich das elastische Sarkolemma zurückgezogen und einzelne Inhaltsportionen austreten lassen. An diesen letzteren nun sah man eine förmliche Aufblätterung in dünne Scheiben, welche entweder parallel neben einander lagen oder in unregelmässigen Abständen und nach den verschiedensten Richtungen verbogen sich folgten. Neben diesen schnurförmig zusammenhängenden

[1]) Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie. Aus dem Holländischen übersetzt von Moleschott. Heidelberg 1844—1851, p. 610.

[2]) L. c. p. 63.

Gruppen, welche noch deutlich die Spuren ihrer ehemaligen Anordnung innerhalb des Sarkolemma's an sich trugen, sieht man aber auch ganz isolirte, aufgerichtete Platten nach den verschiedensten Richtungen verwendet und verzogen, welche ein oder das andere Mal durch das Sehfeld schwimmend, lebhaft an das Wälzen von Blutscheiben erinnern, wenn diese abwechselnd auf die Kante, abwechselnd auf die Fläche gestellt sich weiter bewegen. Das schönste Bild aber gewähren vollständig isolirte Scheiben, welche eben hingebreitet auf ihrer Fläche liegen und gleichsam den Querschnitt einer ganzen Muskelfaser repräsentiren. Es zeigen dieselben eine feine Punktirung und, wenn sie ganz gut erhalten sind, eine vollkommen scharfe Umrandung; letztere trägt sehr häufig in einer seichten Einkerbung einen zufällig an der Scheibe haften gebliebenen Kern der ursprünglichen Muskelfaser. Alle diese Bilder erhält man, wie schon gesagt, von ausgetretenen Portionen des Muskelfaser-Inhaltes, man kann aber dieses Austreten dadurch befördern, dass man über das auf den Objectträger gebrachte Fleischstückchen mit einer quergelegten feinen Präparirnadel sanft hinwegstreift und so den Inhalt aus dem Sarkolemma hinausdrängt, auf diese Weise verschafft man sich die oben beschriebenen Bilder in grosser Anzahl, geeignet zu Einschlüssen für weitere Aufbewahrung.

Die voranstehende Beschreibung hat sich auf die Muskeln der Katze bezogen. Es gaben mir aber die Muskeln des Menschen, des Rindes, des Hundes, der Taube, wenn ich sie mit sehr verdünnter Salzsäure behandelte, ganz dieselben Bilder.

Von den Muskeln des Frosches ist zu bemerken, dass sie sich gegen verdünnte Salzsäure zwar ganz ebenso verhalten, wie die Muskeln der oben genannten Thiere, dass es aber sehr selten gelingt eine Scheibe isolirt aufzufinden, welche dem ganzen, grossen Querschnitte eines Primitivbündels entsprechen würde; man findet meist nur Bruchstücke einer solchen Scheibe.

Die Scheiben, welche sich nach der erwähnten Methode so schön isoliren lassen, entsprechen, wie schon gesagt, der stärker brechenden Substanz. Man kann den Vorgang, welcher die Isolirung derselben herbeiführt, aufs Genaueste verfolgen. Dabei nimmt man wahr, wie die von der Hauptsubstanz gebildeten Querbänder, welche man auf der Oberfläche der frischen Muskelfaser sieht, immer schärfer hervortreten, aus einander rücken, endlich sich vollkommen von

einander entfernen, kurz wie der Zerfall des Muskelfaser-Inhaltes in Scheiben, deren Mantelzonen eben von jenen Querbändern der Oberfläche repräsentirt werden, stufenweise vor sich geht; und es ist die Annahme gerechtfertigt, dass der Zerfall des Muskelfaser-Inhaltes in Scheiben zu Stande kommt, weil von den zwei verschieden lichtbrechenden Substanzen, die man auf der Längsrichtung eines Primitivbündels regelmässig vertheilt findet, die schwächer brechende durch verdünnte Salzsäure schon aufgelöst wurde, während die stärker brechende noch ziemlich unverändert vorhanden ist.

Die Essigsäure bewirkt wesentlich denselben Zerfall des Muskelfaser-Inhaltes, wie die verdünnte Salzsäure, aber sie muss zu dem Ende länger, etwa 48—72 Stunden, auf die Muskelfaser einwirken. Anfangs hat die Essigsäure ein starkes Anquellen der schwächer brechenden Substanz zur Folge. Dem gemäss rücken die Scheiben der stärker brechenden Substanz in weitere Entfernung von einander. In diesem Stadium der Essigsäure-Wirkung kann man auch der Muskelfaser ihr früheres Aussehen dadurch wiedergeben, dass man Kochsalzlösung auf sie einwirken lässt und auf diese Weise die angequollene schwächer brechende Substanz wieder verschrumpfen macht.

Mulder[1]) hat von der Einwirkung der Essigsäure geschrieben, dass sie ein Auseinanderrücken der Querstreifen auf doppelten Abstand zu Wege bringt. Dabei hat Mulder offenbar die Mantelzonen der Scheiben von stärker brechender Substanz als Querstreifen betrachtet.

Die Einwirkung der Essigsäure auf die Muskelfaser ist also von der verdünnter Salzsäure insofern verschieden, als die Essigsäure weniger energisch auf die schwächer brechende Substanz der Muskelfaser einwirkt, als die verdünnte Salzsäure.

Lehmann[2]) hat das Verhalten der willkürlichen Muskelfasern gegen verdünnte Salzsäure ebenfalls geprüft und gibt darüber an, dass die Muskelfaser durch verdünnte Salzsäure ganz dieselbe Veränderung erleide, wie er sie nach der Einwirkung von Essigsäure beobachtet habe. Es ist gezeigt worden, dass man diesem Ausspruche nur bedingter Weise beistimmen kann.

[1]) Chemische Untersuchungen. Übersetzt von Dr. A. Völker. Frankfurt 1848.
[2]) A. a. O. p. 68 und 72.

Die Einwirkung von Essigsäure und ihre Folgen bespricht Lehmann[1]) etwas eingehender; jedoch redet er nur von einem Zerfall der Muskelfaser in Scheiben im Bowman'schen Sinne; nennt aber die Scheiben „nicht so distinct wie Bowman angibt“. Die Abbildung[2]), welche Funke der Beschreibung Lehmann's anpasst, ist auch in diesem Sinne ausgeführt.

Allein weder die Veränderungen nach der Einwirkung von Essigsäure, noch die, welche die Muskelfaser durch verdünnte Salzsäure erleidet, hat Lehmann auf eine Verschiedenheit einzelner Längenabschnitte der Muskelfaser zurückgeführt: obwohl er, wie schon angegeben wurde, eine solche Verschiedenheit früher selbst ausgesprochen hatte.

Ich habe jetzt noch eine andere interessante Beobachtung hier anzuführen, welche Frerichs[3]) schon vor längerer Zeit machte. Er sah die Fleischfaser nach der Einwirkung von Magensaft in Scheiben zerfallen. Man kann sich leicht überzeugen, indem man Fleischstücke in künstliche Verdauungsflüssigkeit bringt, dass dieses Zerfallen gleichfalls durch die Auflösung der schwächer brechenden Substanz der Muskelfaser bedingt ist.

Die zwei verschieden Licht brechenden Substanzen, welche in der Längsrichtung der Muskelfaser regelmässig angeordnet sind, zeigen also auch ein chemisch verschiedenes Verhalten.

Es ist das Verhalten der schwächer brechenden Substanz gegen sehr verdünnte Salzsäure, gegen Essigsäure und gegen Verdauungsflüssigkeit eine sehr bemerkenswerthe Thatsache und es ist zunächst diese schwächer brechende Substanz der Muskelfaser, welche bei der Bereitung der sogenannten Liebig'schen Fleischlösung[4]) aufgelöst wird.

Bis jetzt wurde eine Reihe von Thatsachen mitgetheilt ohne Berücksichtigung des Umstandes, dass ein Muskelprimitivbündel noch nicht das letzte Formelement des Muskelgewebes ist.

Der eigentlichen Untersuchung der Fibrille lasse ich hier einiges Historische vorangehen. Es scheint mir dies gerathen, weil es mit

---

[1]) A. a. O. p. 67 und 68.

[2]) Funke's Atlas zu Lehmann's physiologischer Chemie, Bd. XV, Fig. 1.

[3]) Artikel: Verdauung, Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, Bd. III, 1. Abth., p. 658, Fig. 69.

[4]) Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 73. p. 125 u. w.

kurzen Worten geschehen kann und dadurch das Gemeinsame in den verschiedenen Ansichten über die Muskelfibrille sich von selbst ergeben wird.

Wie Muys [1]) angibt, entdeckte Hook die Muskelfäserchen. Nach ihm wurden sie von vielen Beobachtern des XVIII. und beginnenden XIX. Jahrhunderts auf die verschiedenste Weise beschrieben und abgebildet. Allein alle Angaben über den Bau der Fibrille von Hook bis auf Ficinus [2]), welcher der letzte vor Schwann über das Muskelgewebe schrieb, können wenig Vertrauen erwecken, wenn man die Feinheit des Gegenstandes mit den Mikroskopen von damals zusammenhält.

Ich glaube, dass Schwann der erste war, welcher den schwankenden Ansichten, die man vor ihm über den Bau der Fibrillen hegte, ein Ende machte darum, weil er ganz bestimmte Methoden [3]) für die Isolirung der Muskelfibrillen angab.

Wie Schwann die feinsten Elemente des Muskelgewebes aufgefasst und dass seine von Valentin wenig geänderte Ansicht die herrschende der Gegenwart ist, wurde schon zu Anfang erzählt.

Nachdem eine sichere Grundlage für weitere Untersuchungen der Muskelfibrille gewonnen war, wurde sie, wie kein anderes Gebilde, mit den verschiedensten oft höchst phantasiereichen Hypothesen über ihren Bau beglückt. Sie sollte im Zikzak gebogen, wellig gekräuselt, spiralig gewunden, aus gegenläufigen Spiralfasern zusammengedreht, ja wie ein Zopf geflochten sein. Anzugeben, wie und wann man zu jeder einzelnen dieser Hypothesen gelangt ist, würde zu weit führen: es genüge zu sagen, dass keine derselben im Stande ist die Kritik eines einigermassen guten Mikroskopes der Jetztzeit auszuhalten.

In England hat man zuerst versucht, auf die Thatsache hin, dass die Fibrille ein wahrhaft gegliedertes Ansehen darbietet, weitere Untersuchungen anzustellen. Bowman's Angabe über die *„sarcous elements"* wurde schon angeführt. Sharpey, Carpenter [4]) und Quekett [5]) haben, gestützt auf Präparate des Optikers

---

1) Investigatio fabricae, quae in partibus musculos componentibus extat. Lugd. Batav. 1741.

2) De fibrae muscularis forma et structura. Lipsiae 1836.

3) Müller's Physiologie, p. 33.

4) Sharpey in Quain's anatomy 5. edit. part. II. London 1846 und Carpenter im Manual of physiology, London 1846, bei Hassall, Mikroskop. Anatomie, p. 242.

5) A practical treatise on the use of the microscope, London 1848. in Henle's Jahresbericht für 1848.

Lealand, die Fibrillen als eine lineare Reihe zusammenhängender Partikelchen oder Zellen beschrieben; ihnen folgt Hassall[1]). Nach Wilson[2]) sollten in jeder Fibrille zweierlei Zellen angeordnet und je zwei lichte durch eine dunkle Linie geschiedene Zellen zwischen zwei dunklen gelagert sein. Dobie[3]) endlich hat die Fibrille als eine lineare Reihe heller und dunkler, vierseitiger und mit einander abwechselnder Körperchen beschrieben.

Donders[4]) fand die Fibrille aus hellen, zu einem Faden an einander gereihten Bläschen bestehend. In jedem dieser Bläschen liegt nach ihm ein dem *„sarcous element"* entsprechendes kubisches Körperchen.

In Deutschland endlich sah Leydig[5]) die Fibrillen als Kunstproducte an, hervorgebracht durch ein zufälliges säulenartiges Aneinanderkleben der *„sarcous elements"*, während Aubert[6]) sich der Bowman'schen Ansicht über den Bau der Muskelfaser anschliesst, weil er ein Zerfallen der Fibrillen in kleine quadratische Stücke sah.

Dieser kurze Überblick möge also gezeigt haben, wie die Strebungen der neueren Zeit dahin gehen, die Fibrille als ein wirklich gegliedertes Gebilde aufzufassen und ihr mikroskopisches Verhalten also zu erklären.

Unter allen angeführten Ansichten die einfachste ist die von Dobie, und sie ist es auch, an welche ich anknüpfen kann.

Nach dem, was ich früher über die Scheibenspaltung der Muskelfaser angegeben habe, ist vielleicht der Anschein entstanden, als ob ich die Existenz der Fibrillen in Abrede stellen wollte: dieses ist jedoch keineswegs der Fall. Ich habe mich hinlänglich überzeugt, dass sich Fibrillen aus todtenstarren Muskelfasern durch Zerzupfen leicht gewinnen lassen, dass die Muskelfaser durch Maceration in Wasser von 1—8° R. (Schwann), oder in Wasser, dem ein wenig Sublimat zugesetzt ist (Schwann), ebenso in Fibrillen zerfällt; als das Einlegen

---

1) A. a. O. p. 243.

2) Manual of anatomy. 3. Edit. p. 16.

3) On the minute structure and mode of contraction of voluntary muscular fibre. Ann. of natural history. Feb. 1848, in Henle's Jahresbericht für 1848.

4) Onderzoekingen betrekkelik den bow van het menschelike hart. Nederl. Lancet. 3 ser. 1. Jaarg. p. 556.

5) A. a. O.

6) Über die eigenthümliche Structur der Thoraxmuskeln der Insecten. Zeitsch. für Zoologie. Bd. IV, p. 389.

in Alkohol oder in Chromsäure (Hannover), oder das Kochen dieselbe zu einer Spaltung in Fibrillen disponirt.

Unter allen den genannten Methoden fand ich die Maceration in Weingeist am besten. Ein m. hyoglossus vom Menschen zeigte mir, nachdem er durch einige Monate in Weingeist gelegen war, das im Folgenden zu beschreibende Verhalten:

Die Primitivbündel desselben konnten sehr leicht von einander getrennt werden. War unter den isolirten Primitivbündeln eines in schiefer Richtung entzweigebrochen, so dass die Fibrillen wie ein Bündel ungleich langer Fäden aus dem Sarkolemma heraushingen, so sah man, dass diese Fädchen terrassenförmig übereinander geschichtet, dem entblössten Muskelfaserinhalte das Ansehen einer gerifften Säule ertheilten. Die Bruchfläche selbst bot ein gezacktes Aussehen dar. Hatte man durch Bearbeitung einer Muskelfaser mit feinen Präparirnadeln eine Fibrille wirklich isolirt, so fiel vor Allem der gegliederte Bau derselben ins Auge. Forscht man näher nach dem Wesen dieser Gliederung, so findet man, dass in der Fibrille, entsprechend den Verhältnissen, wie wir sie am Primitivbündel kennen gelernt haben, eine abwechselnde Folge von stärker und schwächer brechenden Gliedern stattfindet.

Man sieht, dass jedes einzelne stärker brechende Glied derselben ein prismatisches Stückchen bildet, dessen Längenaxe in der Axe der Fibrille selbst liegt, und dass jedes dieser Stückchen durch ein kürzeres aus schwächer brechender Substanz von dem nächstfolgenden gleicher Art getrennt ist. Die stärker brechenden und längeren Glieder heben sich durch ihre schärferen Contouren besser von der Umgebung ab, als die schwächer brechenden, wodurch jener Anschein einer perlschnurartigen Form zu Stande kommt, welche man von vielen Seiten für das Wesen der an der Fibrille wahrzunehmenden Gliederung hält.

Diese Gliederung findet aber eben in der Wechselfolge von zweierlei Substanzen auf der Längsrichtung der Fibrille ihre hinreichende Erklärung.

Ein Bündel solcher gegliederter Fibrillen, von einer vollkommen structurlosen Scheide umschlossen, bildet die quergestreifte Muskelfaser. Ich erwähne der vollkommen structurlosen Scheide hier desshalb, weil auch in neuester Zeit, nämlich von Funke [1]), Zweifel

---

[1]) Lehrbuch der Physiologie, Leipzig 1855, p. 515.

dagegen erhoben wurden. Letzterer behauptet, dass die Scheide quergestreift sei, und dass diese Querstreifen der Ausdruck einer nach dem Tode von der Oberfläche gegen die Tiefe fortschreitenden Querspaltung seien, welche bisweilen zur Scheibenbildung führe.

Diese Ansicht zu kennen, scheint mir wichtig für die Beurtheilung, unter welchen Eindrücken die oben citirten von Funke gelieferten Zeichnungen [1]) entstanden sein mögen, von denen ich sagte, dass sie nur eine Scheibenspaltung der Muskelfaser im Bowman'schen Sinne veranschaulichen.

Es ist nach dem, was ich zuerst über die Structur des Primitivbündels, dann über den Bau der Fibrille gesagt habe, wie von selbst verständlich, dass ich die sogenannte Querstreifung des Primitivbündels davon herleiten werde, dass die homogenen Glieder der ein Bündel constituirenden Fibrillen genau neben einander zu liegen kommen. Die einzelnen prismatischen Glieder von stärker brechender Substanz treffen in einem Bündel von Fibrillen also auf einander, dass je ein stärker brechendes Glied einer Fibrille mit je einem stärker brechenden Glied aller übrigen Fibrillen zwischen zwei vollkommen parallele Querschnittsebenen zu liegen kommt. Mit anderen Worten so, dass die Grundflächen der neben einander liegenden prismatischen Fibrillen-Glieder genau in dieselbe Querschnittsebene fallen und so das im Anfang beschriebene Ansehen von abwechselnden stärker und schwächer brechenden Abschnitten am Primitivbündel hervorbringen.

Wenn man einen in Weingeist macerirten Muskel unter dem Mikroskope untersucht, ohne ihn weiter als in Primitivbündel zu zerlegen, so sieht man an diesen letzteren neben der meist sehr ausgeprägten Querstreifung auch eine sehr deutliche und feine Längstheilung. Es ist diese feine Längstheilung das äussere Anzeichen, dass ein Primitivbündel sich in einem Zustande befindet, wo es eine Zerlegung in Fibrillen mit grösster Leichtigkeit gestattet.

Unterwirft man diese Längstheilung einer genaueren Untersuchung, so findet man dass sie jene Abschnitte des Primitivbündels, welche von der stärker brechenden Substanz gebildet werden, in kleine vierseitige Abtheilungen bringen. Jede solche Abtheilung entspricht in Bezug auf Form und Grösse einem stärker brechenden

---

[1]) Atlas zu Lehmann's physiologischer Chemie, T. XV, Fig. 1.

Fibrillengliede. Diese Abtheilungen liegen in ein und derselben Richtung auf der Länge des Primitivbündels, je eine von jeder stärker brechenden Scheibe genau über einander.

An den Querbändern, welche der schwächer brechenden Substanz entsprechen, kann man jene Theilung nicht wahrnehmen, obwohl es stets gelingt Fibrillen in grosser Ausdehnung aus jenen Muskelfasern zu gewinnen. Die Contouren der schwächer brechenden Glieder sind also, wenn dieselben noch im Primitivbündel eng an einander liegen, verschwindend. Das eben aus einander gesetzte Bild hat uns also unmittelbar das Zustandekommen der sogenannten Querstreifung vor Augen geführt. Es ist nur Variation des schon Gesagten, wenn ich hier noch ein anderes Bild bespreche, welches sich besonders eignet die wahre Natur der Querstreifung mit einem Male zu überschauen. Man findet häufig, wenn man sich bemüht hat Spirituspräparate in Fibrillen zu zerlegen, einige Primitivbündel, von welchen eine Fibrille nur eine Strecke weit abgetrennt ist, so dass man von ein und derselben Fibrille den einen Theil noch in seiner Zusammenordnung mit den übrigen Fibrillen des Bündels, den anderen Theil aber isolirt vor sich liegen sieht. Man kann dann von der Stelle an, wo die Fibrille aus dem Zusammenhange mit den übrigen sich löst, wo sie also zum letzten Male zur Bildung eines Querstreifens beiträgt, die abwechselnd stärker und schwächer brechenden Abschnitte des Primitivbündels sowohl, wie auch die abwechselnd stärker und schwächer brechenden Glieder der Fibrille eine Strecke weit verfolgen und ganz deutlich sehen, wie immer ein stärker brechendes Fibrillenglied auf einen stärker brechenden Abschnitt des Primitivbündels, ein schwächer brechendes Fibrillenglied auf einen schwächer brechenden Abschnitt des Primitivbündels treffen würde, wenn man jene isolirte Fibrille wieder an das Primitivbündel anschmiegen würde.

Das genaue Aufeinandertreffen homogener Fibrillenglieder in der beschriebenen Weise ist die Grundbedingung des quergestreiften Ansehens, so wie des durch verdünnte Salzsäure, Essigsäure und Verdauungflüssigkeit bewirkten Scheiben bildenden Zerfalles der Muskelfaser, welcher hervorgebracht wird durch die Auflösung je einer Abtheilung genau auf einander treffender Fibrillenglieder von schwächer brechender Substanz. Man beobachtet aber bisweilen auch eine Verschiebung der Fibrillen, welche schon von Schwann sehr genau beschrieben wurde, und zwar mit folgenden treffenden

Worten[1]: „Man beobachtet auch zuweilen eine Verrückung der Primitivfasern der Länge nach; der Muskel erscheint dann beim ersten Anblick nicht quergestreift, sondern punktirt. Bei genauerer Betrachtung sieht man aber, dass die dunklen Punkte, wenn man sie in der Richtung der Fasern verfolgt, regelmässig auf einander folgen. In der queren Richtung aber ist die Reihe unregelmässig unterbrochen.“ Man besitzt in der verdünnten Natron- oder Kalilösung, von welchen es bekannt ist dass sie den Muskelfaser-Inhalt aus dem Sarkolemma heraustreiben, gute Mittel, um jene Verrückung der Fibrillen leicht jeden Augenblick beobachten zu können. Wenn man die angegebenen Reagentien anwendet, so sieht man, wie die einzelnen Abtheilungen der Fibrillen, während sie aus dem Sarkolemma hinausgedrängt werden, sich der Länge nach an einander verschieben und dem Muskelfaser-Inhalte das oben mit den Worten Schwann's beschriebene Aussehen verleihen, welches man nicht selten auch an frischen Muskeln, besonders an den dicken Primitivbündeln der Amphibien, am öftesten aber an den verzweigten Primitivbündeln des Herzmuskels zu sehen bekommt.

Wird das, was schon früher ins Reine gebracht, zusammengehalten mit dem nun erst Mitgetheilten, so sieht man, wie die Isolirbarkeit der stärker brechenden Substanz des Muskelfaser-Inhaltes in Form einer Scheibe sehr wohl mit der fibrillären Structur des Inhaltes in Einklang gebracht werden kann.

Würde aber ein Zerfallen des Faserinhaltes der Quere nach ohne Lösung der entsprechenden Abschnitte von schwächer brechender Substanz eintreten in der Richtung jener Querebenen, in welchen stärker und schwächer brechende Abschnitte an einander stossen, so müsste man zweierlei Scheiben erhalten, dickere von stärker brechender Substanz und dünnere von schwächer brechender Substanz. Jede dieser Scheiben bestände aber aus prismatischen Stückchen, d. h. aus gleichnamigen Gliedern, je eines von jeder Fibrille. Würde jede solche Scheibe wieder in ihre Theile zerfällt, d. h. würde die Muskelfaser in Längs- und Querrichtung zugleich gespalten, so müsste man zwei Arten kleinster Theilchen erhalten, nämlich längere, stärker und doppelt (Brücke) brechende und kürzere, schwächer und einfach (Brücke) brechende, welche letztere ein anderes Verhalten

---

[1]) Müller's Physiologie, Bd. II, 1. Abth., p. 34.

gegen verdünnte Salzsäure, Essigsäure und Verdauungsflüssigkeit darböten, als die ersteren. Dem ist aber nicht so: man erhält nur eine Art von Scheiben, Bowman's „*discs*", die aus unserer Hauptsubstanz bestehen, und beim Zerfallen in zwei Richtungen erhält man nur eine Art von kleinsten Theilen, Bowman's „*sarcous elements*" welche gleichfalls aus der Hauptsubstanz bestehen; unsere Zwischensubstanz wird in beiden Fällen aufgelöst.

Ich habe im Früheren gezeigt, wie die Ansicht vom fibrillären Bau des Muskelfaserinhaltes mit einer Reihe von Erscheinungen, die man am Primitivbündel beobachten kann, in sehr gutem Einklange steht, ja wie sich diese nur aus jenem erklären. Aber ein häufig gebrauchtes Argument dieser Ansicht habe ich nicht benützen können, nämlich die Sichtbarkeit des Durchschnittes der Fibrillen auf dem Muskelquerschnitte.

Man hat bis vor Kurzem angenommen, dass der Inhalt jeder Muskelfaser ein compactes Fibrillenbündel sei und hat, weil die Fibrillen sehr kleine Elementartheile sind, jedes körnige oder punktirte Aussehen des Muskelfaser-Querschnittes als hervorgebracht durch die neben einander liegenden Querschnitte der Fibrillen angesehen. Erst Leydig[1]) hat darauf aufmerksam gemacht, dass man die Fibrillen-Durchschnitte der Autoren vielmehr als die Querschnitte von Lücken auffassen müsse, welche den Inhalt des Primitivbündels durchbrechen. Veranlasst durch die Mittheilungen Leydig's hat auch Kölliker[2]) Beobachtungen bekannt gemacht, aus welchen hervorgeht, dass der Muskelfaserinhalt nicht ein dichtes Fibrillenbündel darstellt.

Für die richtige Deutung des auf dem Querschnitte der Muskelfaser Sichtbaren scheinen mir einige Beobachtungen von Einfluss, welche ich hier besonders darum etwas näher mittheilen will, weil sich verschiedene Muskelfasern in Beziehung ihres Querschnittes nicht ganz gleich verhalten.

Ein sehr geeignetes Object für die Untersuchung des Querschnittes der Muskelfasern ist das Fleisch des Rinderherzens. Auf einem feinen Schnittchen eines an der Luft getrockneten Stückchens

---

[1]) Über Tastkörperchen und Muskelstructur. Müller's Archiv, 1856, p. 150.

[2]) Einige Bemerkungen über die Endigungen der Hautnerven und den Bau der Muskeln. Zeitschrift für wissenschaft. Zoologie, 1856, p. 313.

des frischen Rinderherzens sieht man auf den Durchschnitten der Primitivbündel eine sehr feine und zierliche Zeichnung. Es liegt nahe diese Zeichnung als den Ausdruck von neben einander liegenden Fibrillendurchschnitten anzusehen: allein eine sorgfältige Betrachtung des Querschnittes bei stärkeren Vergrösserungen lehrt, dass die vermeintlichen Fibrillendurchschnitte nichts anderes, als substanzleere Stellen seien. Eine ganze Reihe von Querschnitten eines und desselben Fleischstückchens, welche man durch unmittelbar auf einander folgende Messerzüge gewonnen hatte, liess stets dieselben Verhältnisse erkennen und man muss demnach jene Lücken als die Querschnitte von Längsspalten, von Zwischenräumen zwischen den Fibrillen des Bündels auffassen.

Ganz dasselbe Bild, wie ich es vom getrockneten Herzfleisch erhielt, zeigten mir auch Querschnitte, welche ich, um sie in einem dem Frischen sehr nahe kommenden Zustande vor mir zu haben, aus festgefrorenen Stücken des Rinderherzens anfertigte.

Aus diesen Beobachtungen folgt zweierlei: fürs Erste, dass Leydig's Beobachtung, es sei das Primitivbündel von einem Lückensystem durchbrochen [1]), richtig ist, zum Anderen aber, dass die Fibrillen an ihren Berührungsstellen so fest und innig an einander liegen, dass ihre Contouren sich dem Auge daselbst entziehen und nur an Stellen sichtbar werden, wo sich das verschiedene Lichtbrechungsvermögen der Fibrillen und eines jener Zwischenräume gegen einander abgrenzen. Zu Leydig's Vergleich jener Spalten des Primitivbündels mit Bindegewebskörperchen erlaube ich mir zu bemerken. dass abgesehen von den vielen Controversen, welche über jene Formen des Bindegewebes selbst noch geführt werden, der erwähnte, sehr interessante Vergleich auch dadurch eine Beschränkung erfährt. dass nur dann, wenn jene Spalten des Primitivbündels stellenweise durch innenliegende Kerne ausgeweitet werden, eine Ähnlichkeit des Bildes mit jenen Bindegewebsformen erzeugt wird, was aber, wie sich bald herausstellen soll, nicht immer der Fall ist.

Unterwarf ich feine Schnittchen, gleichgiltig ob aus dem getrockneten oder gefrorenen Herzfleisch erhalten, einer mehrtägigen Mace-

---

[1]) Nach Kölliker (a. a. O. p. 316) ist Leydig's Lückensystem mit der sogenannten interstitiellen Körnermasse erfüllt. Mir mangeln die Erfahrungen über jene Körnchen, ihr Vorhandensein ändert aber nichts an den Verhältnissen zwischen den Fibrillen und den zwischen diesen vorhandenen Lücken.

ration im Wasser nach der Schwann'schen Angabe, so zeigten mir dieselben ein von ihrem früheren Aussehen ganz verschiedenes Bild. Die Querschnitte der Fibrillen waren nun wirklich sichtbar geworden, die Lücken, welche man auf dem frischen Schnitte bemerkte, waren auf dem macerirten durch dunkle Linien mit einander in Verbindung getreten, welche Linien nichts anderes, als die ringförmigen Contouren der neben einander liegenden Fibrillendurchschnitte waren.

Die Fibrillen wurden hier auf dem Querschnitte nach einer jener Behandlungsmethoden sichtbar, deren man sich überhaupt bedient, um den Inhalt der quergestreiften Muskelfaser in Fibrillen zu zerfällen. So wie es hiefür mehrere Verfahren gibt, so wird man vielleicht auch die Durchschnitte der Fibrillen auf dem Muskelfaser-Querschnitte nach verschiedenen Methoden sichtbar machen können, und man hat daher der Behauptung, dass man die Fibrillendurchschnitte auf dem Querschnitt der Muskelfasern gesehen habe, immer auch die Behandlungsweisen jener Schnitte, oder der sie liefernden Muskelstücke beizufügen.

Ein macerirter Querschnitt unterscheidet sich sehr wohl von dem eines getrockneten oder gefrorenen Fleischstückchens, der unmittelbar nach der Anfertigung untersucht wird. Auf dem letzteren sieht man, wie gesagt, nur die zwischen den Fibrillen vorhandenen Lücken. Diese Lücken werden kleiner, wenn man Essigsäure oder verdünnte Salzsäure, worin die Fibrillen anquellen, auf jene Querschnitte einwirken lässt, ja man kann endlich beobachten, wie auf dem durchsichtiger gewordenen Querschnitte des Primitivbündels nur noch discrete dunkle Punkte erscheinen, welche sich wie Durchschnitte der feinsten Kernfasern des Bindegewebes ausnehmen. Lässt man aber auf also aussehende Querschnitte concentrirte Kochsalzlösung einwirken, so werden sie wieder den in Wasser aufgeweichten Querschnitten getrockneter Fleischstücke ganz und gar ähnlich. Die Schrumpfung der Fibrillen in Kochsalzlösung gibt auch noch zu einer anderen Beobachtung Veranlassung, welche sehr geeignet ist die Verhältnisse des Muskelfaser-Querschnittes richtig erkennen zu lassen. Bringt man ein Stück Rinderherz in siedende Kochsalzlösung und lässt es in derselben etwa 10 Minuten lang kochen, trocknet es hierauf und fertigt dann von dem trockenen Fleischstücke, welches eine eigenthümlich spröde Consistenz angenommen hat, feine Quer-

schnitte an: so findet man, dass die Lücken des Faserquerschnittes sich bedeutend erweitert und nach verschiedenen Seiten unregelmässig ausgebuchtet haben, so dass sie dem Querschnitte jeder einzelnen Faser das Ansehen eines anastomosirenden Balkenwerkes geben, welches verschieden geformte Maschenräume zwischen sich fasst.

Lässt man auf diese Querschnitte wieder Reagentien einwirken, in welchen die Fibrillen anquellen, als, Essigsäure oder verdünnte Salzsäure, so nimmt man wahr, dass das Quellungsvermögen der Fibrillen zwar in bedeutendem Grade abgenommen hat, dass sie aber dennoch in so weit anquellen und die Lücken sich entsprechend verkleinern, um den Querschnitten der Fasern ein Aussehen zu ertheilen, welches dem der Querschnitte aus getrockneten oder gefrorenen Muskelstücken ganz gleich ist. Dieser letztere Umstand aber gibt die beste Gelegenheit sich zu überzeugen, wie die auf dem Querschnitte frischer Muskelfasern sichtbare feine Zeichnung, welche man als den Ausdruck von dichtstehenden Fibrillendurchschnitten gelten liess, vielmehr der Vertheilung von Löchern auf dem Faserquerschnitte ihre Entstehung verdankt.

Diese Löcher des Querschnittes sind aber die Durchschnitte von Längsspalten, welche zwischen den Fibrillen eines Primitivbündels vorhanden sind, und von denen Leydig [1]) mit Recht die an frischen Muskelfasern in Distanzen auftretenden Längsstreifen ableitet, Längsstreifen, welche keineswegs der Ausdruck der fibrillären Textur des Muskelfaser-Inhaltes sind: denn wie fein und zart jene Längsstreifung beschaffen ist, welche wirklich der Ausdruck einer im Bündel sichtbaren Sonderung der einzelnen Fibrillen ist, wurde weiter oben beschrieben.

Ähnlich wie der Querschnitt des Rinderherzens verhält sich auch der Querschnitt des Herzens sowohl als auch der willkürlichen Muskeln der übrigen Wirbelthiere; jedoch kommen, besonders wenn man zugleich die Vertheilung der Kerne im Primitivbündel berücksichtigt, einige bemerkenswerthe Verschiedenheiten von vergleichend histologischem Interesse vor.

Die willkürlichen Muskeln der Säugethiere [2]), nach den verschiedenen angegebenen Methoden in Hinsicht auf den Querschnitt

---

[1]) Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. Frankfurt 1857, p. 48.
[2]) Mensch, Rind, Hund, Katze, Maus, mus decumanus, Eichhörnchen, Meerschweinchen, Kaninchen, Schwein.

untersucht, bieten ganz dieselben Verhältnisse dar, wie das Herzfleisch des Rindes. Dies gilt auch vom Herzfleische der Säugethiere.

Macht man aber die betreffenden Querschnitte gekochter und dann getrockneter Fleischstückchen mit Essigsäure durchsichtig, so sieht man die jetzt stärker hervortretenden Kerne auf den Querschnitten willkürlicher Muskelfasern stets an der Oberfläche des Muskelfaser-Inhaltes und zwar zwischen diesem und der structurlosen Hülle angeordnet, wie es von den meisten Autoren angegeben wird.

Die Kerne der Herzmuskelfasern dagegen stehen im Innern des Primitivbündels zwischen den Fibrillen, wie dies schon Donders[1]) angibt, aber nicht genau im Centrum sondern in allen Tiefen vertheilt, nie aber, wie in den Fasern der willkürlichen Muskeln, ausschliesslich an der Oberfläche.

Der Querschnitt der Froschmuskeln[2]) nimmt sich etwas anders aus, als jener der Säugethiermuskeln. Die beschriebenen Lücken des Faserquerschnittes stehen hier weiter von einander ab und fassen grössere Abtheilungen von Fibrillen zwischen sich. Die Kerne des Primitivbündels hier, wie bekannt, in allen Tiefen desselben vertheilt, liegen in jenen Spalten auf den Fibrillen.

Besonders deutlich treten jene Verschiedenheiten an Querschnitten von Froschmuskeln hervor, welche in Salzlösung gekocht wurden.

Man sieht auf denselben grössere Lücken des Primitivbündels nach den verschiedensten Richtungen sich in längliche Spalten fortsetzen, welche den Inhalt ebenso in kleinere Partien abtheilen, wie dies durch die bekannten sternförmigen Figuren des Sehnenquerschnittes für das Bindegewebe geschieht. Zwischen diesen grösseren Lücken sind noch kleinere in regelmässiger Vertheilung vorhanden.

Wie beim Frosch verhielten sich auch die Querschnitte der Muskelfasern bei anderen Amphibien[3]) und bei Fischen[4]).

Ein sehr merkwürdiges Verhältniss aber findet sich im Fleische der Brustmusculatur bei der Haustaube, denn in demselben wechseln

---

[1]) Physiologie des Menschen. Aus dem Holländischen übersetzt von Fr. Wilhelm Theile. 1. Bd. Leipzig 1856, p. 23, Fig. 10.

[2]) Rana esculenta.

[3]) Bufo cinereus. Laur., Lacerta viridis und agilis, Chamaeleon africanus. Natrix torquata Aldr.

[4]) Cyprinus Carpio, Cobitis barbatula, Phoxinus Marsilii, Heckel.

Fasern mit einander ab, von denen die einen ganz wie Muskelfasern der Säugethiere sich verhalten, während die anderen einen Querschnitt darbieten, welcher dem des Froschmuskels sehr ähnlich ist. Die erstere Art ist in überwiegender Anzahl vorhanden, aber der Dickendurchmesser ihrer Fasern wird von jenen der anderen Art um das 3—4fache übertroffen.

Behandelt man einen solchen Querschnitt des gekochten pectoralis major der Taube mit Essigsäure, um die Kerne deutlich zu übersehen, so findet man, dass die Kerne der feineren Muskelfasern alle zwischen Inhalt und Sarkolemma, jene der dickeren aber im Innern des Primitivbündels vertheilt sind.

Einen gleichen Unterschied in der Vertheilung der Kerne bietet das weisse und dunklere Fleisch der Hühnervögel [1]) dar; das erstere zeigt die Kerne im Innern, das letztere auf der Oberfläche der Primitivbündel.

Bei anderen Vögeln fand ich die Muskelfasern ganz so gebaut [2]), wie die der Säugethiere, was eben auch für die Fasern des dunklen Hühnerfleisches, für alle Fasern der Kopf-, Rücken- und Extremitäten-Muskeln, so wie für die Mehrzahl der Brustmuskelfasern der Taube gilt.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Die Hauptsubstanz aus den willkürlichen Muskelfasern einer Katze nach der im Text beschriebenen Methode durch verdünnte Salzsäure (1. p. m.) in Scheibenform isolirt. Man sieht Reihen von noch lose zusammenhängenden Scheiben, aber auch vollkommen isolirte, theils auf der Grundfläche liegend, theils mit senkrecht aufgerichteten Grundflächen auf dem Mantelstreifen stehend.

Fig. 2. Ein frisches Muskelprimitivbündel des Frosches mit etwas Essigsäure behandelt. Die dunkler angelegten Zonen entsprechen der Hauptsubstanz, die lichteren der Zwischensubstanz. Da genau auf die Oberfläche des Bündels eingestellt wurde, konnten nur einige der in allen Tiefen des Bündels vertheilten Kerne mit schärferen Umrissen gezeichnet werden, während die anderen nur wie matte Schatten sich ausnehmen.

---

[1]) Haushuhn, Tetrao bonasia und tetrix.

[2]) Fringilla domestica und coelebs, Emberiza citrinella, Gans, Ente.

Fig. 3. Ein Muskelprimitivbündel des Menschen. Die dunkler gezeichneten Zonen entsprechen der Hauptsubstanz, die lichteren der Zwischensubstanz. Diese Zeichnung wurde angefertigt nach Fasern eines in Weingeist gelegenen Muskels, bei welchen die in der nächsten Figur dargestellte Veränderung noch nicht eingetreten war.

Fig. 4. Ein Muskelprimitivbündel des Menschen, an welchem durch längere Maceration in Weingeist jene im Text näher beschriebene feine Längstheilung hergestellt wurde, welche eine im Bündel eingetretene Sonderung in Fibrillen andeutet.

Fig. 5. Der Querschnitt eines in Salzlösung gekochten Stückes des Rinderherzens. Es zeigt das Primitivbündel jene erweiterten und unregelmässig ausgebuchteten Löcher, welche die Querschnitte der zwischen den Fibrillen vorhandenen Längsspalten darstellen.

Fig. 6. Der Querschnitt eines in Salzlösung gekochten Froschmuskels. Man sieht die Abgrenzung einzelner Abtheilungen des Inhaltes durch grössere in längliche Fortsätze ausstrahlende Lücken, zwischen welchen wieder kleinere vorhanden sind. Sämmtliche sechs Figuren wurden von Dr. Elfinger nach der Natur gezeichnet und zeigen die Objecte bei 400 maliger Vergrösserung.

Fig. 7. Ein Querschnitt aus dem grossen Brustmuskel der Taube. Es wurden nur die Umrisse der Primitivbündel und die in denselben sichtbaren Kerne gezeichnet, um die im Text beschriebenen Verschiedenheiten der Muskelfasern zu verdeutlichen.

Über den Bau der Muskelfasern.

Resultate von Untersuchungen, die mit Hilfe des polarisirten Lichtes angestellt wurden

von **Prof. Ernst Brücke.**

(Auszug aus einer am 23. Juli 1857 für die Denkschriften überreichten Abhandlung.)

(Aus dem Julihefte des Jahrganges 1857 der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften [XXV. Bd.] besonders abgedruckt.)

---

1. Man muss an den Muskeln zweierlei Substanzen unterscheiden: Eine schwächer lichtbrechende isotrope und eine stärker lichtbrechende anisotrope.

2. Die Erscheinungen der Doppelbrechung, die einzelne Muskelcylinder oder grössere Massen derselben darbieten, sind die Summe der Effecte der einzelnen *sarcous elements.*

3. Die Erscheinungen sind in jeder Beziehung so als ob jedes einzelne *sarcous element* ein doppelbrechender positiv einaxiger Körper wäre, dessen optische Axe in allen Zuständen des Muskels der Faserrichtung parallel liegt.

4. Die *sarcous elements* selbst repräsentiren wiederum ganze Gruppen kleiner doppelbrechender Körper, für die ich den Namen der Disdiaklasten vorschlage.

5. Auf der verschiedenen Vertheilung der Disdiaklasten in der isotropen Grundsubstanz entsteht das vielfach verschiedene Ansehen, welches lebende und todte Muskeln unter dem Mikroskope darbieten.

6. Die nicht quergestreiften, sogenannten glatten Muskelfasern sind solche, in denen die Disdiaklasten gleichmässig vertheilt oder in denen doch die Gruppen derselben so klein sind, dass man sie nicht einzeln unterscheiden kann.

7. Die Disdiaklasten sind feste Körper von unveränderlicher Grösse und Gestalt; weder alternirende Schläge eines Magnetelektromotors noch hindurchgeleitete constante Ströme üben einen merklichen Einfluss auf ihre optischen Constanten aus, noch bringen sie ihre Axen merklich aus der Lage, abgesehen von den Ortsveränderungen, welche die erregte Contraction für die Muskelsubstanz mit sich bringt.

8. Einwirkung von Kali, Natron, Essigsäure und verdünnter Chlorwasserstoffsäure zerstören ihre doppelbrechende Wirkung, endlich auch das Kochen.

Fig. 1.

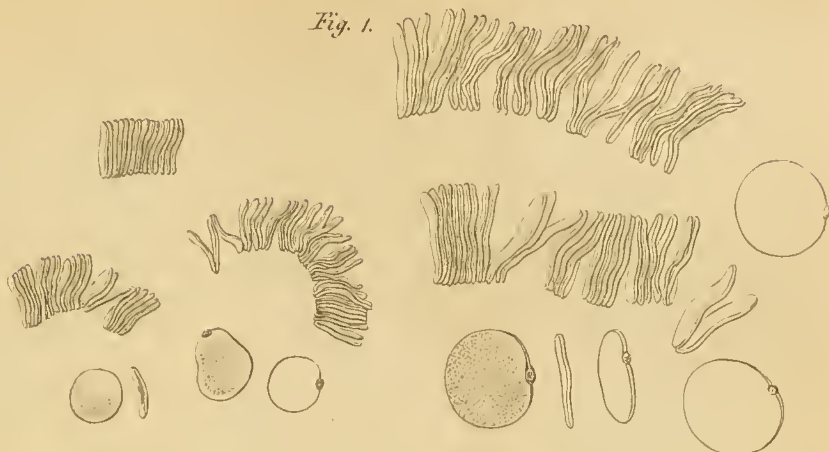


Fig. 2.

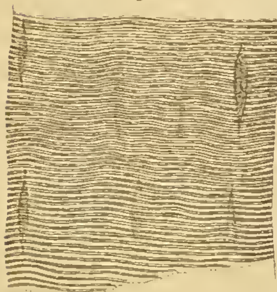


Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.

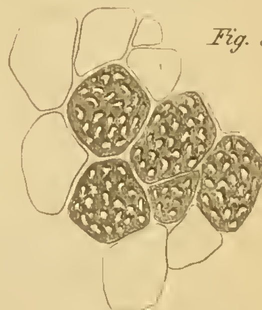


Fig. 6.

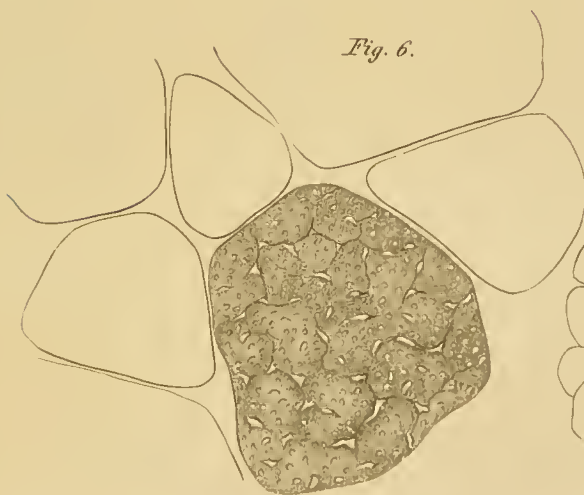
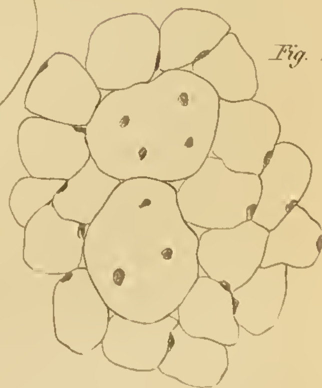


Fig. 7.



Druck a. d. k. k. Hof u. Staatsdruckerei